



Degradasi Masker Sekali Pakai dengan Vermiremediasi dan Penambahan Isolat Bakteri Teluk Lampung

Deviany Deviany^{1*}, Feerzet Achmad¹, Adela Rosafira¹, dan Syarifah Aini¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung 35365 Indonesia

*E-mail: deviany@tk.itera.ac.id

Abstract

The use of disposable face masks during the Covid-19 pandemic has resulted in the emergence of mask waste polluting aquatic environments due to poor management. This waste will decompose into microfibers which accumulate in aquatic organisms. The combination of vermiremediation with the addition of degrading microorganisms can be one of the solutions for treating disposable mask waste. In this study, *Eudrilus eugeniae*, an earthworm species, was used in vermiremediation with variations in the treatment by adding indigenous bacterial isolate from the waters of Lampung Bay which has been proven able to degrade disposable masks. The results showed that the vermiremediation technique can be used to degrade disposable masks, indicated by a decrease in mask weight after incubation for two months in the amount of 0.03 grams and 0.05 grams for the treatment with the *Eudrilus eugeniae* and a combination of bacterial isolate respectively against the initial weight. Lampung Bay indigenous bacterial isolate helped accelerate the mask degradation process in the combined vermiremediation technique. The carbon, nitrogen, phosphorus, and potassium contents of the compost produced by the vermiremediation process have met the SNI for compost from domestic organic waste.

Keywords: Degradation; Disposable Face Mask; Lampung Bay; Plastic Microfiber; Vermiremediation

Pendahuluan

Coronavirus Disease-19 (COVID-19) berkembang dengan cepat ke berbagai negara sehingga World Health Organization (WHO) menetapkan COVID-19 sebagai pandemi sejak tanggal 12 Maret 2020. Berbagai upaya yang dilakukan pemerintah untuk menekan penyebaran virus COVID-19 ini, mulai dari menjaga jarak, mewajibkan memakai masker, sampai pembatasan sosial berskala besar (Amalia dkk., 2020). Adanya kewajiban menggunakan masker untuk semua masyarakat, tentunya akan menghasilkan sampah/limbah masker yang dihasilkan. Pada Maret 2021, sebuah studi yang dipublikasikan *Journal Environmental Science and Technology* menyebutkan, masyarakat dunia menggunakan 129 miliar masker setiap bulannya. Dengan kata lain, ada potensi timbunan limbah masker sebanyak 2,8 juta per menit (Prata dkk., 2020). Melalui data tersebut, dapat terjadi peningkatan pada tahun berikutnya dan jika limbah tersebut tidak dikelola dengan baik maka akan berdampak lebih buruk untuk lingkungan.

Masker sekali pakai biasanya terbuat dari *nonwoven*. Salah satu jenis serat yang dipakai adalah polipropilen. Jenis serat ini sangat sulit untuk terdegradasi karena memiliki karakteristik yaitu ketahanan terhadap bahan kimia, dan juga ketahanan terhadap sinar, udara, dan panas. Bioremediasi merupakan teknologi pengolahan limbah berbahaya yang memanfaatkan kemampuan mikroorganisme dalam mengatasi limbah yang ada di lingkungan (Fadlilah & Shovitri, 2014). Beberapa mikroorganisme yang diketahui dapat mendegradasi *non woven* atau membantu dalam proses degradasi adalah mikroorganisme jenis bakteri dan fungi. mikroorganisme yang diketahui mampu mendegradasi limbah *non woven* ini diantaranya; *Pseudomonas sp.*, *Citrobacter Salmonella*, *Lysinibacillus Eshericia*, *Azotobacter sp.*, *Ralstonia eutropha*, *Enterobacter*, *Bacillus Sp* (Liu dkk., 2019).

Salah satu teknik remediasi yang dapat dilakukan yaitu dengan metode *vermiremediasi*, yakni teknik bioremediasi dengan mencampurkan tanah dan bahan terkontaminasi dengan memanfaatkan cacing tanah serta penambahan bahan organik sebagai nutrisi bagi cacing (Sanchez-Hernandez dkk., 2020). Namun, beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa pengomposan tidak cukup untuk sepenuhnya mendegradasi suatu polimer. Dengan demikian untuk mempercepat biodegradasi polimer dalam pengomposan adalah dengan penambahan mikroba pada objek yang terkontaminasi. Kandungan kotoran cacing yang tinggi menyediakan nutrisi untuk mikroorganisme pengurai. Sehingga diharapkan masker sekali pakai dapat terdegradasi oleh penambahan isolat bakteri yang diperoleh dari perairan Teluk Lampung dengan menggunakan teknik *Vermiremediasi* agar dapat mengurangi jumlah limbah masker yang semakin menumpuk.



Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak plastik warna hitam dengan ukuran diameter 31 cm dan ketinggian 15 cm yang digunakan untuk tempat berlangsungnya proses vermiremediasi. Bahan utama yang digunakan dalam proses vermiremediasi adalah Cacing *Eudrilus eugeniae*, tanah vermiremediasi, isolat bakteri Teluk Lampung *Bacillus Sp* dari penelitian sebelumnya yang terbukti mampu mendegradasi masker sekali pakai, sayur hijau (bayam, kangkung, sawi), dan masker sekali pakai 3 lapis (*disposable face mask 3 ply*).

Vermiremediasi Masker Sekali Pakai

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu tahapan pertama preparasi masker sekali pakai yaitu masker dipisahkan dari bagian atas (sisi kawat) dan tali telinga (*loop*) hingga tersisa bagian tengah masker kemudian, potong masker ukuran 2 x 2 cm. tahapan kedua yaitu, menyiapkan bak plastik sebagai tempat vermiremediasi yang telah diisitanah sebanyak 2 wadah dalam sekali percobaan dan diberi nama tiap wadah yaitu A dan B. Kemudian, wadah A ditambahkan 0,5 gram masker, sayur hijau 80 gram dan cacing 50 ekor. Wadah B ditambahkan 0,5 gram masker, isolat bakteri 30 ml, sayur hijau 80 gram dan cacing 50 ekor. Selanjutnya ditutup bak vermiremediasi dengan karung goni dan diikat dengan tali. Dilakukan vermiremediasi selama 2 bulan Setelah itu, sampel masker dipilah dan dibersihkan dari sisa tanah yang menempel.

Analisis Lapisan Masker Sekali Pakai

Analisis Gravimetri

Analisis gravimetri pada hasil vermiremediasi bertujuan untuk menghitung berat masker sekali pakai sebelum dan sesudah vermiremediasi. Penimbangan hasil vermiremediasi dilakukan pada variasi A dan B. Analisis gravimetri dilakukan dengan cara sterilisasi terlebih dahulu lalu dikeringkan di dalam oven selama 3x24 jam pada temperatur 50°C setelah itu ditimbang menggunakan neraca analitik.

Analisis CNPK Tanah Vermiremediasi

Analisis CNPK tanah vermiremediasi bertujuan untuk mengetahui unsur hara makro pada tanah memenuhi SNI 17-7030-2004. Parameter analisis pH, C-Organik, Nitrogen, P-Total, K-Total dilakukan dengan metode Potensiometri (1:5), Walkley&Black, Kjeldahl Titrimetri, Ekstrak HCl 25% Spektrofotometri dan AAS.

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan vermiremediasi selama 2 bulan dengan kondisi operasi pada temperatur 28°C dan kelembapan ruangan 70%. Penelitian ini menggunakan 2 variasi perlakuan yaitu variasi A menggunakan tanah, sayur, masker dan cacing (*Eudrilus Eugeniae*), kemudian variasi B menggunakan tanah, sayur, masker, cacing (*Eudrilus Eugeniae*), dan isolat bakteri (*Bacillus Sp*). Isolat bakteri diambil dari penelitian sebelumnya yang diisolasi dari Teluk Perairan Lampung. Hasil masker yang telah dilakukan vermiremediasi akan dianalisis menggunakan Uji gravimetri dengan tujuan untuk menghitung berat masker sekali pakai pada sebelum dan sesudah degradasi melalui proses vermiremediasi. Penimbangan hasil degradasi dilakukan pada sampel variasi A dan B. Kemudian untuk tanah hasil vermiremediasi akan dilakukan uji CNPK tanah kompos yang dibawa ke Laboratorium Uji.

Kandungan CNPK Tanah setelah Vermiremediasi

Analisis CNPK tanah vermiremediasi bertujuan untuk mengetahui unsur hara makro (C-Organik, Nitrogen, P total, K total) memenuhi SNI. Pengujian ini dilakukan pada variasi A, B dan tanah awal. Perbandingan kandungan unsurhara makro dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji CNPK Tanah Vermiremediasi

No	PARAMETER UJI		HASIL UJI			SNI 17-7030-2004	
			Tanah Awal	Variasi A	Variasi B	MIN	MAX
1	pH	H ₂ O	4,38	4,08	4,1	6,8	7,49
		KCl	3,78	3,74	3,77		
2	% C-organik		29,57	18,95	19,45	9,8	32
3	% Nitrogen		0,77	1,25	1,15	0,4	-
4	P (mg P ₂ O ₅ /100 gr)		0,32	1,10	0,96	0,1	-
5	K (mg K ₂ O /100 gr)		1,47	1,70	2,29	0,2	-
6.	C/N rasio		38,40	16,47	16,9	10	20

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa terjadi penurunan pH selama proses *vermiremediasi*. Mula-mula tanah awal memiliki pH 4,38 kemudian mengalami penurunan untuk variasi A dan B masing-masing menjadi 4,08 dan 4,1. Berdasarkan SNI pH optimum berkisar 6,8 -7,49, hasil uji tidak memenuhi syarat, hal ini disebabkan sedikitnya cacing tanah mengeluarkan kapur dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3). Sehingga menyebabkan kondisi asam. Selain itu, adanya aktivitas mikroorganisme di dalam bahan organik menghasilkan asam organik selama *vermiremediasi* berlangsung (Wardana, 2016)

Adanya proses dekomposisi pada saat pengomposan dan kematangan kompos ditunjukkan oleh kandungan C-organik pupuk. Karbon atau C-Organik dibutuhkan mikroorganisme sebagai sumber energi dalam proses pengomposan. Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa kadar Karbon dari tiap variasi tanah berbeda-beda dan mengalami penurunan Karbon setelah dilakukan perlakuan yaitu pada variasi A dan B. Pengurangan kandungan Karbon sangat berkurang pada variasi A (18,95%) dibandingkan pada variasi B (19,45). Parameter %C-organik berdasarkan tabel, dapat dilihat mengalami penurunan secara kontinyu, yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang memakan bahan organik pada limbah sayur. Penurunan unsur Karbon selama *vermiremediasi* juga dilaporkan oleh Pattnaik dan Reddy (2010). Para penulis menyatakan bahwa selama proses dekomposisi, kehilangan Karbon dalam bentuk karbon dioksida dikaitkan dengan cacing tanah serta respirasi mikroba. Kandungan % C-organik pada seluruh variabel kompos memenuhi SNI.

Selanjutnya %Nitrogen menunjukkan terjadinya kenaikan. Berdasarkan Tabel 1. Kadar Nitrogen tanah awal sebesar 0,77. Sedangkan kadar Nitrogen variasi A sebesar 1,25% dan variasi D sebesar 1,15%. Peningkatan kandungan nitrogen total disebabkan oleh mineralisasi bahan organik Nitrogen dibutuhkan oleh berbagai mikroorganisme, termasuk yang terlibat dalam proses pengomposan, selain tanaman untuk pertumbuhannya. Unsur N dalam kompos akan dikonsumsi oleh bakteri selama proses pengomposan dan dilepaskan setelah kompos mencapai kematangan. Dalam hal ini, kadar Nitrogen pada variasi B lebih kecil dibandingkan variasi A dikarenakan adanya peran cacing, mikroba tanah sekaligus bakteri yang ditambahkan selama proses *vermiremediasi*. Kenaikan Nitrogen juga dipicu oleh *nitrobacter* sebagai pengubah amonia ke nitrat akan meningkat dikarenakan adanya lendir pada cacing yang memperkaya jumlah *nitrobacter*. Semakin banyak lendir yang dihasilkan maka jumlah bakteri yang terkandung di dalam substrat akan semakin banyak menghasilkan nitrogen (Tripathi dan Bhardwaj 2005).

Selama proses *vermiremediasi*, kandungan Fosfor dalam *vermiremediasi* meningkat secara signifikan. Data yang ditunjukkan Tabel 1. menunjukkan bahwa kandungan Fosfor tanah awal sebesar 0,32%, variasi A sebesar 1,11% dan variasi B sebesar 0,96%. Peningkatan kandungan Fosfor disebabkan oleh proses mineralisasi oleh mikroorganisme dalam pembentukan Fosfor (Ravindran dkk., 2014). Selain itu peningkatkan Fosfor disebabkan oleh metabolisme cacing dan ekskresi. Penambahan isolat bakteri pada variasi B mengakibatkan kenaikan Fosfor lebih rendah dibandingkan variasi A, hal ini dikarenakan kandungan Fosfor pada kascing melalui proses metabolisme dan ekskresi pada cacing dibutuhkan oleh bakteri sebagai sumber nutrisi (Wardana, 2016).

Berdasarkan hasil uji Kalium pada hasil *vermiremediasi* diketahui bahwa kadar Kalium tanah awal sebesar 1,46%, variasi A sebesar 1,70% dan variasi B 2,29%. Kenaikan yang signifikan pada variasi A dan B disebabkan oleh dekomposisi nilai Kalium. Selain itu kadar Kalium yang tinggi dalam kascing karena kelebihan air yang berasal dari campuran pakan tanah *vermiremediasi*. Hasil uji Kalium telah sesuai dengan SNI.

Hasil uji C/N rasio mengalami penurunan diakibatkan dekomposisi bahan organik oleh bakteri. Pada variasi A perbandingan C/N sebesar 16,47 sedangkan pada variasi B sebesar 16,9. variasi B menunjukkan penurunan C/N yang lebih besar dibandingkan variasi A. Hal ini disebabkan adanya proses dekomposisi unsur Karbon yang hilang menjadi CO_2 dan H_2O Kemudian, menguap ke udara akibat perubahan suhu, unsur Nitrogen akan berubah menjadi nitrat, sedangkan nitrat akan tetap berada dalam tubuh bakteri. Maka dapat disimpulkan bahwa unsur Karbon menurun dan Nitrogen akan konstan atau meningkat. Penambahan Nitrogen dapat terjadi secara stimulant oleh aksi ganda cacing tanah dan mikroorganisme melalui ekskresi dan respirasi (Arumugam et al., 2018).

Vermiremediasi Masker Sekali Pakai dengan Penambahan Bakteri Teluk Lampung

Isolat bakteri yang digunakan untuk mempercepat degradasi masker sekali pakai (*disposable face mask*) diambil dari penelitian sebelumnya yang diisolasi dari Perairan Teluk Lampung. Bakteri tersebut tergolong jenis *Bacillus*, sp dengan tipe bentuk *Single bacillus* yang merupakan formasi bakteri batang sel tunggal. Berdasarkan penelitian sebelumnya isolat bakteri (*Bacillus Sp*) mampu mendegradasi masker sekali pakai yang ditunjukkan dengan analisis Gravimetri, SEM dan FTIR. Pada penelitian ini dilakukan analisis gravimetri untuk melihat pengurangan massa masker sebelum dan sesudah *vermiremediasi*. Hasil gravimetri massa masker dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Massa masker

No	Variasi	Massa(gram)
1	A	0,470
2	B	0,455
3	Masker Baru	0,500

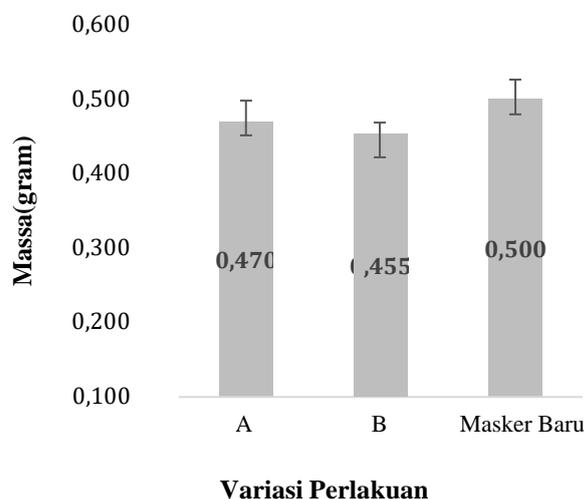
Keterangan:

A = Tanah, Sayur, Masker, Cacing

B = Tanah, Sayur, Masker, Cacing,

Bakteri Masker Baru = Tanpa perlakuan

Perbandingan massa masker untuk variasi A (Tanah, Masker, Sayur, Cacing) dan variasi B (Tanah, Masker, Sayur, Cacing, Isolat Bakteri) terhadap masker baru (tanpa perlakuan) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik perbandingan variasi A dan B terhadap masker baru

Dari Gambar 1. dapat dilihat penurunan massa masker pada masing-masing variasi dibandingkan dengan masker awal (masker baru). Penurunan signifikan dapat dilihat dari standar deviasi pada variasi B yang lebih menurun. Hal ini diakibatkan oleh penambahan isolat bakteri terpilih (*Bacillus sp.*). Sedangkan pada variasi A yang tidak ada penambahan isolat bakteri mengalami sedikit penurunan massa masker jika dibandingkan dengan penurunan massamasker pada variasi B. Dari hasil gravimetri dapat diketahui bahwa isolat bakteri dapat mempercepat terjadinya degradasi pada masker.

Setelah dilakukan vermiremediasi didapatkan data jumlah cacing dan massa cacing masing-masing variasi A dan B yang akan dibandingkan dengan kondisi awal cacing sebelum proses vermiremediasi. Hasil gravimetri jumlah cacing dan massa cacing dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Jumlah cacing dan Massa Cacing

No	Variasi	Jumlah cacing	Massa Cacing(gram)
1	Awal	50	50
2	A	44	17
3	B	40	16

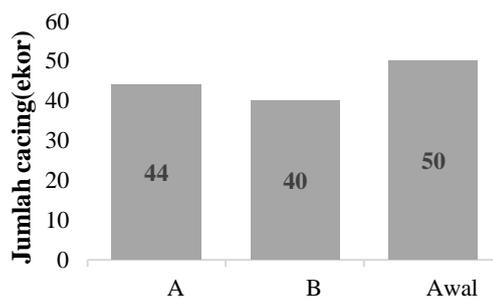
Keterangan:

Awal = kondisi awal sebelum proses vermiremediasi

A = Tanah, Sayur, Masker, Cacing

B = Tanah, Sayur, Masker, Cacing, Bakteri

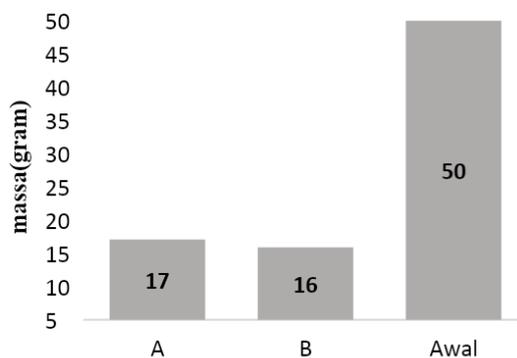
Perbandingan jumlah dan massa cacing untuk variasi A (Tanah, Masker, Sayur, Cacing) dan B (Tanah, Masker, Sayur, Cacing, Bakteri) terhadap jumlah cacing awal sebelum vermiremediasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Variasi Perlakuan

Gambar 2. Grafik perbandingan variasi A (Tanah,Masker,Sayur,Cacing) dan B (Tanah,Masker,Sayur,Cacing,Bakteri) terhadap jumlah cacing awal sebelum vermiremediasi

Dari Gambar 2. Jumlah cacing variasi A untuk penambahan cacing *Eudrillus eugeneia* mengalami penurunan menjadi 44 ekor dari 50 ekor jumlah awal. Sedangkan pada variasi B untuk penambahan isolat bakteri mengalami penurunan jumlah cacing menjadi 40 ekor. Penurunan ini disebabkan oleh banyaknya cacing yang mati selama proses *vermiremediasi* berlangsung. Cacing yang mati dikarenakan kondisi *vermiremediasi* yang tergolong asam, hal ini dapat dilihat dari hasil pH pada Tabel 1, pH optimum cacing berkisar 5,8 -7,42 kondisi asam ini dipicu oleh aktivitas dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam organik (Arumugam dkk., 2018).



Variasi Perlakuan

Gambar 3. Grafik perbandingan variabel A (Tanah,Sayur,Makser,Cacing) dan B (Tanah,Sayur,Masker,Cacing,Bakteri) terhadap massa cacing sisa

Dari Gambar 3. massa cacing setelah ditimbang mengalami penyusutan, pada variasi A setelah *vermiremediasi* 2 bulan massa cacing awal 50 gram menjadi 17 gram. Sedangkan pada variasi B massa cacing mengalami penyusutan menjadi 16 gram. Penurunan ini disebabkan oleh banyaknya cacing yang mati selama proses *vermiremediasi* berlangsung. Cacing yang mati dikarenakan pakan/sayur sebagai sumber asupan cacing kurang atau tidak sesuai bagi pertumbuhan cacing dalam proses *vermiremediasi* dengan waktu yang lama.

Kesimpulan

Pada penelitian ini, proses *vermiremediasi* menggunakan cacing *Eudrilus Eugeniae* dan isolat bakteri yang berasal dari Teluk Lampung. Proses *vermiremediasi* dilakukan selama 2 bulan dengan kondisi operasi pada temperatur 28°C dan kelembapan ruangan 70%. Penelitian ini menggunakan 2 variasi perlakuan yaitu variasi A menggunakan tanah, sayur, masker dan cacing (*Eudrillus Eugeniae*), kemudian variasi B menggunakan tanah, sayur, masker, cacing (*Eudrillus Eugeniae*), dan isolat bakteri (*Bacillus Sp*).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan teknik *vermiremediasi* dengan penambahan isolat bakteri (*Bacillus sp*) berpotensi dalam mendegradasi masker sekali pakai ditunjukkan dengan penurunan massa masker setelah dilakukan *vermiremediasi* selama 2 bulan, pada variasi B dengan penambahan isolat bakteri pengurangan massa masker lebih signifikan yaitu sebesar 0,45 gram dibandingkan pada variasi A tanpa penambahan isolat bakteri sebesar 0,47 gram. Selain itu, dari proses *vermiremediasi* menghasilkan kompos yang telah memenuhi SNI dapat dilihat dari kandungan unsur C (karbon), N (nitrogen), P (fosfor) dan K (kalium).

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya waktu yang diberikan untuk degradasi masker sekali pakai dengan teknik vermiremediasi diberikan lebih optimal agar mendapatkan degradasi yang lebih baik. Serta lebih memperhatikan asupan makanan untuk cacing agar tetap hidup. Kemudian, dalam melakukan uji analisis lebih memperhatikan kebersihan sebelum masker ditimbang, agar residu yang menempel pada permukaan masker tidak mengganggu hasil analisis gravimetri.

Daftar Pustaka

- Amalia, V., Hadisantoso, E. P., Wahyuni, I. R., & Supriatna, A. M. (2020). Managing Infectious Medical Waste during the COVID-19 Pandemic. *Lp2M*, 2, 7. <http://digilib.uinsgd.ac.id/id/eprint/30736>
- Arumugam, K., Renganathan, S., Babalola, O. O., & Muthunayanan, V. (2018). Investigation on Paper Cup Waste Degradation by Bacterial Consortium and Eudrillus Eugeinea Through Vermicomposting. *Waste Management*, 74, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.009>
- Castro-Aguirre, E., Auras, R., Selke, S., Rubino, M., & Marsh, T. (2018). Enhancing the biodegradation rate of poly(lactic acid) films and PLA bio-nanocomposites in simulated composting through bioaugmentation. *Polymer Degradation and Stability*, 154, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.05.017>
- Fadlilah, F. R., & Shovitri, M. (2014). Potensi Isolat Bakteri Bacillus dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), 2337–3539.
- Liu, Y., Zhan, Z., Ye, H., Lin, X., Yan, Y., & Zhang, Y. (2019). Accelerated biodegradation of PLA/PHB-blended nonwovens by a microbial community. *RSC Advances*, 9(18), 10386–10394. <https://doi.org/10.1039/c8ra10591j>
- Prata, J. C., Silva, A. L. P., Walker, T. R., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). COVID-19 Pandemic Repercussions on the Use and Management of Plastics. *Environmental Science and Technology*, 54(13), 7760–7765. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02178>
- Ravindran, B., Contreras-Ramos, S.M., Wong, J.W.C., Selvam, A., Sekaran, G., 2014. Nutrient enzymatic changes of hydrolysed tannery solid waste treated with epigeic earthworm *Eudrillus eugeniae* and phytotoxicity assessment on selected commercial crops. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 641–651.
- Sanchez-Hernandez, J. C., Capowiez, Y., & Ro, K. S. (2020). Potential Use of Earthworms to Enhance Decaying of Biodegradable Plastics. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 8(11), 4292–4316. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b05450>
- Tripathi, G., Bhardwaj, P., 2009. Decomposition of kitchen waste amended with cow manure using epigenic species (*Eisenia fetida*) and an aneic species (*Lampito mauritii*). *Bioresour. Technol.* 92 (2), 215–218.
- Wardana, F. P. E. S. I. W. (2016). Pengolahan Sampah Organik Sayuran (seledri, kol dan sawi) dan Kotoran Kambing Menggunakan Metode Vermicomposting. *Science*, 7, 15.